

KAJIAN RESPONS PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN TERHADAP KARAKTERISTIK HIDROLOGI DAS WAY BETUNG - LAMPUNG

*(Response of Landuse Change on Hydrological Characteristics of Way Betung
Watershed - Lampung)*

Zaenal Mubarak^{1*}, Kukuh Murtilaksono²⁾, dan Enni Dwi Wahjunie²⁾

¹Program Studi Ilmu Pengelolaan DAS, Pascasarjana IPB

Jl. Meranti Kampus IPB Dramaga Bogor, Jawa Barat, Indonesia; Telp (081369794040)

²Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB

Jl. Meranti Kampus IPB Dramaga Bogor, Jawa Barat, Indonesia; Telp (0251) 8629360

*Email: zain.almubarak58@gmail.com

Diterima 27 Februari 2014; revisi terakhir 22 Februari 2015; disetujui 20 April 2015

ABSTRAK

Perubahan penggunaan lahan akibat peningkatan jumlah penduduk dari 114.973 pada tahun 2007 menjadi 134.792 pada tahun 2012 (meningkat 14,70%) berpengaruh terhadap karakteristik hidrologi DAS Way Betung. Model hidrologi SWAT (*Soil and Water Assessment Tools*) dapat memprediksi karakteristik hidrologi DAS yang dipengaruhi oleh perubahan penggunaan lahan. Tujuan penelitian adalah: 1) mengkaji pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi DAS Way Betung; 2) menyusun rekomendasi penggunaan lahan terbaik di DAS Way Betung. Aplikasi model SWAT digunakan untuk mensimulasi perubahan penggunaan lahan DAS Way Betung. Pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi berupa total air sungai pada tahun 2001, 2006, dan 2010 masing-masing sebesar 874,66 mm, 1.047,70 mm, dan 774,04 mm. Nilai koefisien aliran permukaan (C) di tiga tahun masing-masing sebesar 0,16, 0,31, dan 0,23, sedangkan nilai koefisien regim sungai (KRS) berturut-turut sebesar 30,65, 66,25, dan 53,57. Penerapan agroteknologi pada lahan pertanian dan pengembalian fungsi kawasan hutan (skenario 4) memberikan respons terbaik terhadap karakteristik hidrologi berupa total air sungai sebesar 709,69 mm dengan C sebesar 0,14, sedangkan nilai koefisien regim sungai (KRS) sebesar 34,66.

Kata kunci: Karakteristik hidrologi, penggunaan lahan, model SWAT, DAS Way Betung

ABSTRACT

Change in landuse caused by a population increase from 114,973 people in 2007 to 134,792 people in 2012 (14.70% increased) has influenced the hydrological characteristics of Way Betung watershed. The Soil and Water Assessment Tools (SWAT) hydrological model could predict the hydrological characteristics influenced by the change in landuse. The aims of this study were: 1) to assess the impact of landuse change on hydrological characteristics; and, 2) to recommend the best landuse of Way Betung Watershed. The SWAT model was applied to simulate the change of landuse in Way Betung watershed. The effects of landuse change on the hydrological characteristics of Way Betung Watershed in 2001, 2006, and 2010 showed the water yield of 874.66, 1047.70, and 774.04 mm respectively. The coefficient of surface runoff (C) for those three years were 0.16, 0.31, and 0.23, whereas the coefficient of river regime were 30.65, 66.25, and 53.57 respectively. The application of agrotechnology on agricultural land and in line with the functions of forest area (scenario 4) gave the best response towards hydrological characteristics in the form of 709.69 mm of water yield with C being 0.14, whereas the coefficient of river regime value was 3.66.

Keywords: Hydrological characteristics, landuse, SWAT model, Way Betung watershed

I. PENDAHULUAN

Perencanaan penggunaan lahan sangat penting dilakukan agar tidak mengakibatkan pengaruh buruk terhadap karakteristik hidrologi DAS. Dinamika karakteristik hidrologi menunjukkan kinerja suatu DAS berupa hasil air yang dapat digunakan

masyarakat. Peningkatan kapasitas infiltrasi dan penurunan aliran permukaan menjadi prioritas dalam penyusunan penggunaan lahan.

Populasi penduduk dalam suatu DAS sangat berpengaruh terhadap kinerja DAS. Jumlah penduduk DAS Way Betung dari tahun

2001 sampai dengan tahun 2012 mengalami peningkatan sebesar 14,70% (BPS, 2013). Aktivitas penduduk DAS Way Betung umumnya bergantung pada sektor pertanian. Pemanfaatan lahan yang meningkat akibat pertambahan jumlah penduduk berpengaruh terhadap perubahan penggunaan lahan hutan di hulu DAS Way Betung. Perubahan penggunaan lahan dari satu tipe ke tipe lainnya baik permanen maupun sementara menjadi salah satu fokus dalam perencanaan pengelolaan DAS (Asdak, 2010).

Perubahan fungsi kawasan hutan menjadi kawasan perumahan, industri dan kegiatan non pertanian lainnya mempengaruhi kondisi tata air/hidrologi (Rosnita, 2005). Perubahan penggunaan lahan hutan pada DAS Way Betung sejak tahun 1991 hingga 2006 sebesar 973,30 ha menjadi 508,10 ha menyebabkan peningkatan koefisien aliran permukaan (C) dari 48,60% (1991-1995) menjadi 61,60% (2002-2006) dan koefisien regim sungai (KRS) dari 11,00 (1991) menjadi 30,00 (2006) (Yuwono, 2011).

Model merupakan suatu perkiraan atau penyederhanaan dari realitas sebenarnya (Indarto, 2010). Salah satu model hidrologi yang baik digunakan adalah model SWAT (*Soil and Water Assessment Tools*). SWAT merupakan

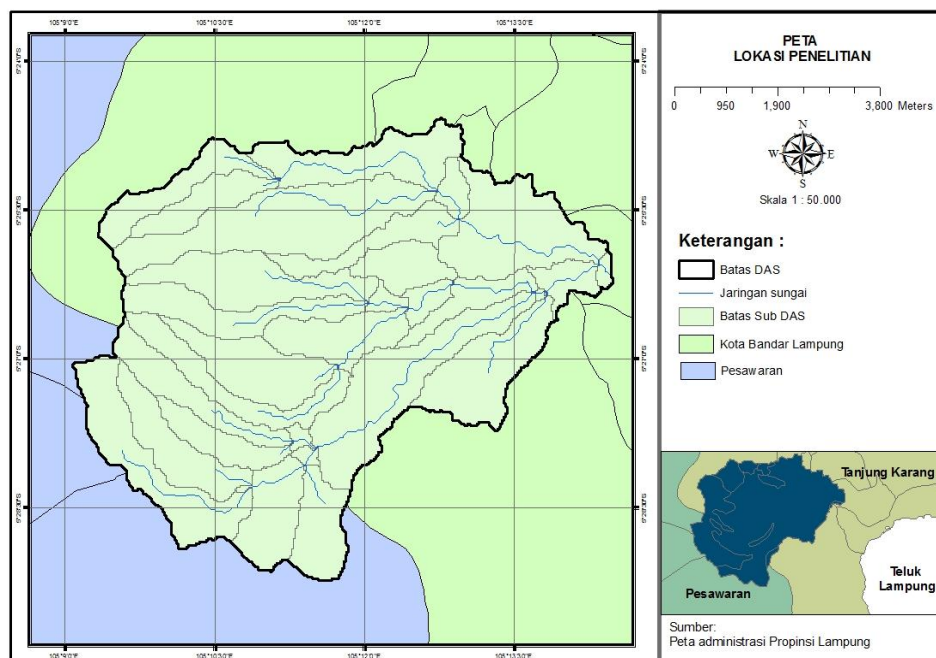
model hidrologi yang banyak digunakan untuk mengevaluasi dampak perubahan iklim, penggunaan lahan, dan pengelolaan lahan terhadap karakteristik hidrologi (Arnold *et al.*, 2011). Aplikasi SWAT terhubung dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) dan mengintegrasikan Spatial DSS (*Decision Support System*) (Junaidi dan Tarigan, 2012).

Penelitian ini bertujuan untuk: 1) mengkaji pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi DAS Way Betung, 2) menyusun rekomendasi penggunaan lahan DAS Way Betung yang terbaik.

II. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di DAS Way Betung seluas 5.119,63 ha, secara geografis terletak pada koordinat 105° 09' – 105° 14' BT dan 05° 24' – 05° 29' LS. Secara administrasi DAS Way Betung terbagi atas dua wilayah administrasi yaitu Kota Bandar Lampung dan Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung (Gambar 1). Penelitian dilaksanakan mulai bulan Januari hingga Desember 2013.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian (DAS Way Betung)
Figure 1. Map of research location (Way Betung watershed)

B. Bahan dan Alat

Bahan pendukung penelitian terdiri atas: peta dan data tanah, peta *Digital Elevation Model* (DEM) resolusi 30 meter, peta tutupan lahan DAS Way Betung tahun 2001, 2006 dan 2010, data hidrologi (curah hujan dan debit sungai harian tahun 2001-2010), data iklim (temperatur, radiasi matahari, kelembaban udara, dan kecepatan angin harian tahun 2001-2010), Data sifat fisik tanah (kedalaman solum tanah, ketebalan horizon, tekstur tanah, bobot isi, kapasitas air tersedia, konduktivitas hidrolik jenuh, C-organik, albedo tanah dan K-USLE).

Alat pendukung penelitian terdiri atas: perangkat komputer yang dilengkapi dengan perangkat lunak ArcGIS 9.3, ArcSWAT versi 2009.93.5 released 8/19/10, *SWAT Plot and Graph*, dan *Microsoft Office; Global Positioning System* (GPS); alat pengambil contoh tanah: *ring soil sampler*, meteran, cangkul, pisau tipis, palu, bor tanah, dan kantong plastik tebal, alat tulis, peralatan pendukung: kamera digital dan alat penyimpanan data.

C. Metode

Berbagai skenario pengelolaan lahan disimulasikan untuk mengetahui pengelolaan lahan terbaik di DAS Way Betung. Tahapan kegiatan penelitian terdiri atas pengumpulan peta dan data, pengolahan data masukan (*input*), menjalankan model SWAT, kalibrasi dan validasi, keluaran (*output*) serta simulasi pengelolaan lahan.

1. Pengumpulan Peta dan Data

- Peta tanah (skala 1:250.000) dari Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat (Puslittanak) Bogor.
- Peta penggunaan lahan tahun 2001, 2006, dan 2010 (skala 1:100.000) hasil interpretasi citra landsat dari Ditjen Planologi Kementerian Kehutanan RI.
- *Digital Elevation Model* (DEM) dari US Geological Survey.
- Data sifat fisik hasil analisis laboratorium berdasarkan sampel tanah yang diambil di DAS Way Betung.
- Data iklim dari BMKG Masgar Provinsi Lampung.
- Data hidrologi dari Balai Besar Wilayah Sungai Mesuji Sekampung Lampung.

2. Pengolahan Data Input

- Delineasi DAS (*Watershed Deliniator*) dengan data *input* berupa data DEM.

- Analisis HRU (*Hydrologi Respon Unit Analysis*) dengan data *input* peta penggunaan lahan, peta topografi, dan peta serta data sifat fisik tanah.
- Basis data iklim (*Weather Generator Data*) dengan membuat data generator iklim (*weather generator data*) hasil perhitungan data curah hujan, suhu, radiasi matahari, kelembaban, dan kecepatan angin.

3. Menjalankan Model SWAT

- Delineasi DAS (*Watershed Deliniator*) dengan tahapan kegiatan: *input* data DEM (*add DEM grid*), penentuan jaringan sungai (*stream definition*), penentuan outlet (*outlet and inlet definition*), seleksi dan penentuan outlet DAS (*watershed outlet selection and definition*), dan perhitungan parameter sub DAS (*calculate subbasin parameter*).
- Analisis HRU (*Hydrologi Respon Unit Analysis*) dengan mendefinisikan data masukan melalui *overlay* peta penggunaan lahan, peta tanah, dan kelas lereng (*Landuse/Soil/Slope definition*).
- Basis data iklim (*Weather Generator Data*) model SWAT dioperasikan melalui sub menu *weather data definition*. Pada tahap ini dilakukan masukan data iklim (*Weather Generator Data*), curah hujan, temperatur, kelembaban, radiasi matahari, dan kecepatan angin.
- Membangun data masukan model SWAT berdasarkan masukan pada tahap 1 hingga 3 terbentuk secara otomatis dengan memilih sub menu *Write All*.
- Simulasi SWAT (*SWAT Simulation*) dilakukan dengan memilih waktu yang akan disimulasikan pada mode *Run SWAT*. Penyimpan data *output* hasil simulasi dilakukan dengan memilih *Read SWAT Output*.

4. Kalibrasi dan Validasi

Proses kalibrasi merupakan penyesuaian kombinasi nilai parameter-parameter yang berpengaruh terhadap kondisi hidrologi DAS, sehingga diperoleh hasil model yang mendekati hasil pengukuran. Data debit pengukuran lapangan yang digunakan yaitu periode 1 Januari hingga 31 Desember 2010. Metode kalibrasi ada tiga yaitu coba-coba, otomatis, dan kombinasi (Yustika, 2013). Metode kalibrasi yang digunakan dalam penelitian adalah metode manual secara coba-

coba (*trial and error*). Analisis statistik yang digunakan dalam kalibrasi yaitu koefisien determinasi (R^2) dan *Nash-Sutcliffe efficiency* (NS) dengan persamaan sebagai berikut:

$$NS = 1 - \left(\frac{\sum (y - \hat{y})^2}{\sum (y - \bar{y})^2} \right)$$

dimana : y = debit aktual yang terukur, \hat{y} = debit hasil model, \bar{y} = rata-rata debit terukur. Efisiensi model *Nash-Sutcliffe* terdiri atas 3 kelas yaitu: 1) baik, jika $NS \geq 0,75$; 2) memuaskan, jika $0,75 > NS > 0,36$; 3) kurang memuaskan, jika $NS < 0,36$ (Nash, 1970).

Validasi bertujuan untuk membuktikan konsistensi hasil model SWAT dengan data debit pengukuran pada periode yang lain. Nilai parameter yang digunakan dalam proses validasi sama dengan nilai parameter pada proses kalibrasi.

D. Analisis Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan terhadap Karakteristik Hidrologi

Informasi penggunaan lahan diamati dari peta tutupan lahan tahun 2001, 2006, dan 2010. Data masukan spasial berupa peta penggunaan lahan tahun 2001, 2006, dan 2010, *Digital Elevation Model* (DEM) 30 M, dan peta tanah. Data masukan numerik berupa data iklim dan data hidrologi tahun 2001 hingga 2010.

Analisis karakteristik hidrologi meliputi total air sungai (WATER_YLD), aliran permukaan (SUR_Q), aliran lateral (LAT_Q), dan aliran dasar (GW_Q). Menurut Arnold *et al.* (2011), total air sungai (*water yield*) adalah total air yang mengalir ke saluran utama dalam jangka waktu tertentu ($WATER_YLD = SUR_Q + LAT_Q + GW_Q$). Aliran permukaan (SUR_Q) adalah air limpasan yang mengalir diatas permukaan tanah dari setiap HRU. Aliran lateral (LAT_Q) adalah air yang mengalir pada profil tanah dengan arah lateral dan masuk ke saluran utama dalam jangka waktu tertentu. Aliran dasar (GW_Q) adalah aliran dari akuifer dangkal dan masuk ke sungai pada musim kering.

E. Skenario Perencanaan Penggunaan Lahan

Skenario perencanaan penggunaan lahan DAS Way Betung yang disusun sebagai berikut: 1) penggunaan lahan pada kondisi tahun

2010/*eksisting* (skenario 1); 2) penggunaan lahan sesuai dengan peta fungsi kawasan hutan (skenario 2); 3) penerapan agroteknologi pada lahan pertanian diluar kawasan hutan (skenario 3); 4) penerapan agroteknologi pada lahan pertanian sesuai dengan fungsi kawasan hutan (kombinasi skenario 2 dan 3). Analisis karakteristik hidrologi masing-masing skenario meliputi total air sungai (WATER_YLD), aliran permukaan (SUR_Q), aliran lateral (LAT_Q), aliran dasar (GW_Q).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan terhadap Karakteristik Hidrologi

Delineasi DAS dalam proses analisis HRU berdasarkan tumpang tindih 3 peta yaitu Peta iklim, topografi, dan tanah (penggunaan lahan dan karakteristik tanah berdasarkan sifat fisik tanah). Data sifat fisik tanah diperoleh dari hasil laboratorium sampel tanah dari DAS Way Betung yang dilakukan sendiri. Proses analisis HRU dilakukan secara otomatis oleh program SWAT sehingga menghasilkan/membentuk HRU. Berdasarkan hasil proses delineasi DAS terbentuk jaringan sungai utama, batas DAS dengan total luas 5.119,63 ha terdiri atas 29 sub DAS. Hasil proses analisis HRU terbentuk 270 HRU. Setiap HRU yang terbentuk akan menghasilkan karakteristik hidrologi sesuai dengan karakteristik masing-masing HRU.

Akumulasi karakteristik hidrologi pada seluruh HRU yang terbentuk diperoleh total air sungai (WATER_YLD) DAS Way Betung pada tahun 2010 hasil model SWAT sebelum kalibrasi sebesar 956,42 mm. Debit tertinggi (Q_{max}) sebesar $15,51 \text{ m}^3/\text{dtk}$ sedangkan debit terendah (Q_{min}) sebesar $0,26 \text{ m}^3/\text{dtk}$. Nilai uji efisiensi *Nash-Sutcliffe* (NS) sebesar 0,54 dan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,60.

1. Kalibrasi Model

Kalibrasi model dilakukan secara manual dengan memasukan nilai setiap parameter secara coba-coba. Beberapa parameter yang dapat dirubah dalam proses kalibrasi adalah CN2, ESCO, EPCO, GW_REVAP, GWQMN dan RCHRG_DP (Santhi *et al.* 2006). Proses kalibrasi dilakukan dengan merubah parameter yang berpengaruh terhadap perubahan debit hasil model SWAT

sebagaimana disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan hasil uji, diperoleh nilai efisiensi *Nash-Sutcliffe* (NS) sebesar 0,72 dan R^2 sebesar 0,88.

Total air sungai (WATER YLD) (Keterangan : WATER YLD merupakan kodefikasi luaran model SWAT singkatan dari Water Yield) DAS Way Betung pada tahun 2010 setelah dilakukan kalibrasi sebesar 774,04 mm. Debit tertinggi (Q_{max}) sebesar 9,11 m³/dtk sedangkan debit terendah (Q_{min}) sebesar 0,17 m³/dtk. Menurut Dephut (2009) melalui Peraturan Dirjen RLPS No. P.04/V-

SET/2009 nilai koefisien regim sungai (KRS) DAS Way Betung tahun 2010 adalah 53,57 tergolong sedang. Aliran permukaan pada DAS Way Betung tahun 2010 sebesar 371,79 mm. Curah hujan DAS Way Betung pada tahun 2010 sebesar 1.652,00 mm, sehingga nilai koefisien aliran permukaan (C) menurut Dephut (2009) melalui Peraturan Dirjen RLPS No. P.04/V-SET/2009 sebesar 0,23 tergolong sedang. Kondisi penggunaan lahan tahun 2010 mampu meresapkan air ke dalam tanah berupa aliran lateral dan aliran dasar masing-masing sebesar 316,39 mm dan 85,86 mm.

Tabel 1. Nilai parameter pada tahap kalibrasi.

Table 1. Value of calibration parametres

Kode parameter (Parametre code)	Arti parameter (Parametre mean)	Nilai awal (Start value)	Nilai akhir (End value)	Kisaran (Range)
CN2	SCS curve number	Dikalikan	1,10	50-90
ALPHA_BF	Faktor alpha aliran dasar	0,05	0,42	0-1
GW_DELAY	Masa jeda air tanah untuk kembali ke sungai	31,00	8,5	0-500
GWQMN	Ketinggian minimum aliran dasar	2.941	2.065	0-5.000
GW_REVAP	Koefisien penguapan air bawah tanah	0,02	0,09	0,02-0,20
RCHRG_DP	Fraksi perkolasi perairan dalam	0,05	0,59	0-1
ESCO	Faktor evaporasi tanah	0,95	0,89	0-1
EPCO	Faktor uptake tanaman	1,00	0,72	0-1
CH_N2	Koefisien <i>manning</i> saluran utama	0,02	0,07	-0,01-0,3
CH_K2	Nilai efektif konduktivitas hidrolik sungai	20,72	36,56	-0,01-500
ALPHA_BANK	Nilai <i>alpha</i> aliran dasar untuk <i>bank storage</i>	0,24	0,32	0-1
SURLAG	Waktu hujan menjadi puncak aliran permukaan	4,00	7,06	0,05-22

2. Validasi Model

Data debit harian yang digunakan periode 1 Januari hingga 31 Desember 2001 dan 2006. Parameter yang digunakan pada proses validasi sama dengan proses kalibrasi. Konsistensi model SWAT hasil validasi ditunjukkan dengan nilai *Nash-Sutcliffe* (NS) tahun 2001 dan 2006 masing-masing sebesar 0,69 dan 0,70 serta R^2 masing-masing sebesar 0,79 dan 0,86.

B. Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan terhadap Karakteristik Hidrologi

Data Perubahan penggunaan lahan DAS Way Betung diperoleh dari hasil analisis peta tutupan lahan DAS Way Betung tahun 2001, 2006, dan 2010 yang diterbitkan Direktorat Jenderal Planologi Kementerian Kehutanan (Tabel 2).

Tabel 2. Penggunaan lahan DAS Way Betung tahun 2001, 2006, dan 2010

Table 2. Landuse of Way Betung watershed in 2001, 2006, and 2010

Penggunaan lahan	Luas (area)					
	2001		2006		2010	
	ha	%	ha	%	ha	%
Hutan lahan kering sekunder	977.06	19.08	722.76	14.12	977.06	19.08
Kebun campuran	251.05	4.90	1,745.30	34.09	234.14	4.57
Pemukiman	28.37	0.55	110.91	2.17	252.39	4.93
Pertanian lahan kering	55.22	1.08	-	0.00	51.39	1.00
Pertanian lahan kering campuran	3,807.93	74.38	2,540.66	49.63	3,604.65	70.41
Luas total	5,119.63	100.00	5,119.63	100.00	5,119.63	100.00

Sumber: Analisis peta penutupan lahan DAS Way Betung tahun 2001, 2006, dan 2010

Sources : Analysis of land cover map of Way Betung watershed in 2001, 2006, and 2010

Karakteristik hidrologi DAS Way Betung hasil model SWAT berdasarkan perubahan penggunaan lahan tahun 2001, 2006, dan 2010 disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik hidrologi DAS Way Betung tahun 2001, 2006, dan 2010
Table 3. Hydrological characteristics of Way Betung watershed in 2001, 2006, and 2010

Komponen hidrograf <i>Hydrograph component</i>	Karakteristik hidrologi (mm) <i>Hydrological characteristics (mm)</i>		
	2001	2006	2010
Aliran permukaan (<i>Surface runoff</i>)	344,36	500,60	371,79
Aliran lateral (<i>interflow</i>)	415,32	414,50	316,39
Aliran Dasar (<i>Baseflow</i>)	114,98	132,60	85,86
Total air sungai (<i>Water yield</i>)	874,66	1.047,70	774,04
Koefisien aliran permukaan (C) (<i>coefficient of surface runoff</i>)	0,16	0,31	0,23
Koefisien regim sungai (KRS) (<i>Coefficient of river regim</i>)	30,65	66,25	53,57

Sumber: Hasil model SWAT tahun 2001, 2006, dan 2010.

Sources: Results of SWAT model in 2001, 2006, and 2010

Periode 2001 sampai 2006 terjadi peningkatan kebun campuran dan pemukiman masing-masing sebesar 1.499,25 ha dan 82,54 ha. Penurunan terjadi pada tutupan hutan dan pertanian lahan kering campuran masing-masing sebesar 254,30 ha dan 1.267,27 ha serta beralihnya pertanian lahan kering menjadi penggunaan lahan lainnya. Perubahan penggunaan lahan hutan yang terjadi di daerah hulu Daerah Aliran Sungai (DAS) akan mengakibatkan perubahan karakteristik hidrologi DAS (Pawitan, 2006). Peningkatan kebun campuran mengindikasikan bahwa kebutuhan hidup penduduk di DAS Way Betung sangat tergantung pada sektor pertanian sehingga berdampak terhadap penurunan luas hutan.

Periode 2006 sampai 2010 terjadi peningkatan tutupan hutan, pemukiman, pertanian lahan kering dan pertanian lahan kering campuran masing-masing sebesar 254,30 ha, 141,48 ha, 51,39 ha, 1.063,99 ha. Penurunan terjadi pada kebun campuran sebesar 1.511,16 ha. Penurunan tersebut disebabkan oleh pembangunan baik yang pihak swasta maupun Pemerintah Daerah setempat. Rustiadi *et al.* (2009) menyatakan bahwa perubahan penggunaan lahan dalam pelaksanaan pembangunan merupakan proses yang tidak dapat dihindari. Penggunaan lahan beralih fungsi menjadi areal pemukiman dan pertanian lahan kering campuran. Pembangunan di wilayah DAS Way Betung meningkatkan minat masyarakat dari luar untuk berinventasi. Peningkatan luas hutan merupakan upaya Dinas Kehutanan Provinsi Lampung untuk menjaga kelestarian hutan melalui program rehabilitasi hutan.

Periode 2001 sampai 2010 terjadi peningkatan lahan pemukiman seluas 224,02 ha. Kebutuhan lahan pemukiman diiringi dengan kebutuhan lahan pertanian dalam pemenuhan kebutuhan hidup.

Perubahan penggunaan lahan DAS Way Betung pada tahun 2001, 2006, dan 2010 berpengaruh terhadap total air sungai (WATER YLD) masing-masing sebesar 874,66 mm, 1.047,70 mm, dan 774,04 mm. Kinerja DAS Way Betung berdasarkan nilai KRS pada tahun 2001, 2006, dan 2010 masing-masing sebesar 30,65, 66,25, dan 53,57. Semakin besar KRS, kinerja DAS semakin buruk. Perubahan nilai KRS dipengaruhi oleh kondisi penggunaan lahan terutama luas hutan pada tahun bersangkutan.

Penurunan penggunaan lahan 2001-2006 berupa hutan & pertanian lahan kering campuran dan meningkatnya lahan pemukiman mengakibatkan peningkatan total air sungai (WATER YLD) dari 874,66 menjadi 1.047,70 mm, nilai C dari 0,16 menjadi 0,31, dan nilai KRS dari 30,65 menjadi 66,25. Hasil tersebut sesuai dengan hasil penelitian Anwar (2011) bahwa deforestasi di DAS Barito Hulu tahun 1990-2003 berdampak terhadap peningkatan nilai *curve number* (CN) sehingga berpengaruh terhadap respons hidrologi DAS dalam bentuk peningkatan hasil air sungai. Peningkatan lahan pemukiman pada tahun 2006-2010 tidak berpengaruh terhadap total air sungai (WATER YLD), karena terjadi peningkatan hutan dan pertanian lahan kering campuran masing-masing menjadi 977,06 ha dan 3.604,65 ha. Peningkatan tersebut berdampak terhadap penurunan total air sungai (WATER YLD), dimana nilai C menjadi 0,23 dan nilai KRS menjadi 53,57.

Pengaruh kondisi penggunaan lahan bervegetasi dalam menurunkan aliran permukaan ditunjukkan oleh jumlah aliran permukaan tahun 2001 sebesar 344,36 mm lebih rendah dari tahun 2006 dan 2010 masing-masing 500,60 mm, dan 371,79 mm. Pengaruh penggunaan lahan bervegetasi dalam meningkatkan kapasitas infiltrasi ditunjukkan oleh aliran lateral tahun 2001, 2006, dan 2010 masing-masing sebesar 415,32 mm, 414,50 mm, dan 316,39 mm dan aliran dasar masing-masing sebesar 114,98 mm, dan 132,60 mm, dan 85,86 mm. Tingginya kapasitas infiltrasi tahun 2006 dibandingkan tahun 2010 dipengaruhi oleh lahan kebun campuran tahun 2006 yang lebih tinggi dari tahun 2010 dan

sebaliknya lahan pemukiman tahun 2006 yang lebih rendah dari tahun 2010.

C. Skenario Perubahan Penggunaan Lahan

Simulasi skenario perubahan penggunaan lahan dilakukan untuk mendapatkan penggunaan lahan terbaik sebagai bahan rekomendasi penggunaan lahan DAS Way Betung. Penyusunan skenario perubahan penggunaan lahan berdasarkan pada penggunaan lahan tahun 2010. Karakteristik hidrologi dan KRS DAS Way Betung hasil model SWAT dari masing-masing skenario disajikan pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Karakteristik hidrologi DAS Way Betung tahun 2010 pada masing masing skenario
Table 4. Hydrological characteristics of each scenario at Way Betung watershed in 2010

Komponen hidrograf <i>Hydrograph component</i>	Karakteristik hidrologi (mm) <i>Hydrological characteristics (mm)</i>			
	Skenario 1 (<i>eksisting</i>) (1 st scenario)	Skenario 2 (2 nd scenario)	Skenario 3 (3 rd scenario)	Skenario 4 (4 th scenario)
Aliran permukaan (<i>Surface runoff</i>)	371,79	241,77	266,35	225,65
Aliran lateral (<i>Interflow</i>)	316,39	372,66	367,10	373,81
Aliran Dasar (<i>Baseflow</i>)	85,86	119,45	100,71	110,22
Total air sungai (<i>Water yield</i>)	774,04	733,88	734,17	706,69
Koefisien runoff (C) (<i>Coefficient of surface runoff</i>)	0,23	0,15	0,16	0,14

Sumber: Hasil model SWAT masing-masing skenario.

Sources: Results of SWAT model of each scenario.

Tabel 5. Koefisien regim sungai (KRS) dan nilai koefisien aliran permukaan (C) DAS Way Betung tahun 2010 pada masing-masing skenario

Table 5. Coefficient of river regim (KRS) of each scenario at Way Betung watershed in 2010

Skenario <i>Scenario</i>	Qmax (m ³ /dtk)	Qmin (m ³ /dtk)	KRS (Qmax/Qmin)
Skenario 1 Tahun 2010 (<i>eksisting</i>)	9,11	0,17	53,57
Skenario 2 (fungsi kawasan hutan)	8,45	0,21	41,20
Skenario 3 (agroteknologi)	7,99	0,20	39,94
Skenario 4 (fungsi kawasan hutan + agroteknologi)	7,65	0,22	34,66

Sumber: Hasil model SWAT masing-masing skenario.

Sources: Results of SWAT model of each scenario.

Skenario 1 merupakan kondisi penggunaan lahan DAS Betung tahun 2010 (*eksisting*). Tabel 4 menunjukkan total air sungai (WATER YLD) DAS Way Betung pada tahun 2010 sebesar 774,04 mm. Curah hujan DAS Way Betung pada tahun 2010 sebesar

1.652,00 mm, maka nilai koefisien aliran permukaan (C) sebesar 0,23 (baik). Berdasarkan debit tertinggi (Q max) sebesar 9,11 m³/dtk dan debit terendah (Q min) sebesar 0,17 m³/dtk, maka nilai KRS sebesar 53,57 (sedang). Kondisi penggunaan lahan

tahun 2010 mampu meresapkan air ke dalam tanah melalui proses infiltrasi berupa aliran permukaan, aliran lateral, dan aliran dasar masing-masing sebesar 371,79 mm, 316,39 mm, dan 85,86 mm.

DAS Way Betung berdasarkan peta fungsi kawasan hutan (skenario 2) terdiri atas kawasan hutan (3.227,68 ha) dan areal penggunaan lainnya (APL) (1.891,95 ha). Berdasarkan tumpang tindih peta fungsi kawasan hutan dengan peta tutupan lahan tahun 2010 terjadi peningkatan luas hutan di DAS Way Betung. Menurut hasil penelitian Mulyana (2012) bahwa metode pemodelan DAS menggunakan model SWAT mampu menjelaskan hubungan antara hasil air dengan luas hutan dalam suatu DAS. Tipe tutupan lahan berdasarkan tumpang tindih peta tersebut terdiri atas hutan lahan kering sekunder, pemukiman, pertanian lahan kering, dan pertanian lahan kering campuran dengan luas masing-masing 3.227,68 ha, 101,17 ha, 28,29, dan 1.762,49 ha. Total air sungai (WATER YLD) pada skenario 2 sebesar 733,88 mm, dan diperoleh nilai koefisien aliran permukaan (C) sebesar 0,15 (baik). Debit tertinggi (Q_{max}) sebesar 8,45 m³/dtk dan debit terendah (Q_{min}) sebesar 0,21 m³/dtk menghasilkan nilai KRS sebesar 41,20 (baik). Aliran permukaan pada DAS Way Betung pada skenario 2 sebesar 241,77 mm sedangkan aliran lateral dan aliran dasar masing-masing sebesar 372,66 mm dan 119,45 mm. Kondisi hutan yang lebih luas dibandingkan skenario 1 mampu menurunkan aliran permukaan dan meningkatkan kapasitas infiltrasi.

Skenario 3 disusun dengan menerapkan agroteknologi pada lahan pertanian penggunaan lahan tahun 2010 (*eksisting*). Dasar penerapan agroteknologi pada skenario 3 adalah 2.556,97 ha (49,94%) lahan pertanian (kebun campuran, pertanian lahan kering, pertanian lahan kering campuran) berada pada kelas lereng > 15%. dan penduduk disekitar DAS Way Betung masih mengelola lahan secara konvensional. Menurut Arsyad (2010) bahwa agroteknologi vegetatif (*strip cropping*) dan mekanik (teras) pada lahan pertanian diaplikasikan sebagai upaya konservasi tanah dan air. Agroteknologi yang diterapkan adalah pembuatan teras bangku dan penanaman tanaman strip dengan tujuan meningkatkan agregasi tanah. Penerapan teras individu pada hutan lindung mampu meningkatkan base flow 0,67 m³/dt, mengurangi *peak surface flow* sebesar 0,04 m³/dt, dan *peak flow* sebesar

0,74 m³/dt (Junaidi, 2009). Total air sungai (WATER YLD) DAS Way Betung pada skenario 3 sebesar 734,17 mm. Perbandingan aliran permukaan pada skenario 3 dengan curah hujan diperoleh nilai koefisien aliran permukaan (C) sebesar 0,16 (baik). Perbandingan debit tertinggi pada skenario 3 sebesar 7,99 m³/dtk dengan debit terendah sebesar 0,20 m³/dtk menghasilkan nilai KRS sebesar 39,94 (baik). Penurunan aliran permukaan dan peningkatan kapasitas infiltrasi ditunjukkan dengan besaran aliran permukaan, aliran lateral, dan aliran dasar masing-masing sebesar 266,35 mm, 367,10 mm, dan 100,71 mm. Kondisi ini disebabkan oleh peningkatan bidang datar berupa teras dan tanaman strip sehingga kesempatan proses infiltrasi meningkat.

Skenario 4 merupakan penggabungan antara skenario 2 dan 3 dengan tujuan lebih meningkatkan infiltrasi dan menurunkan aliran permukaan. Menurut Yustika *et al.* (2010) bahwa penerapan kombinasi teknik konservasi tanah dapat menghambat aliran permukaan perkebunan teh sebesar 53,70% pada tahun 2011. Total air sungai (WATER YLD) DAS Way Betung pada skenario 4 sebesar 709,69 mm. Perbandingan debit tertinggi (7,65 m³/dtk) dengan debit terendah (0,22 m³/dtk) menghasilkan nilai KRS sebesar 34,66 yang tergolong baik. Penurunan aliran permukaan pada skenario 4 menjadi 225,65 mm diiringi dengan peningkatan kapasitas infiltrasi yang ditunjukkan aliran lateral dan aliran dasar masing-masing sebesar 373,81 mm dan 110,22 mm. Kinerja DAS Way Betung pada skenario 4 berdasarkan nilai C sebesar 0,14 termasuk kriteria baik. Penurunan aliran permukaan dan peningkatan kapasitas infiltrasi pada skenario 4 lebih tinggi dibandingkan skenario lainnya. Hal ini menunjukkan peningkatan hutan dan penerapan agroteknologi sangat efektif dalam menurunkan aliran permukaan dan meningkatkan kapasitas infiltrasi.

D. Rekomendasi Pengelolaan Penggunaan Lahan yang Terbaik

Berdasarkan simulasi dari 4 skenario, maka penggunaan lahan yang terbaik dari aspek hidrologi adalah skenario 4. Total air sungai DAS Way Betung pada skenario 4 sebesar 706,69 mm dengan nilai C sebesar 0,14 (baik) yang terendah dibandingkan skenario lainnya. Nilai KRS pada skenario 4 sebesar 34,66 yang tergolong baik merupakan nilai terendah dibandingkan skenario lainnya.

Penurunan aliran permukaan dan peningkatan kapasitas infiltrasi pada skenario 4 lebih tinggi dibandingkan skenario lainnya. Hal ini ditunjukkan oleh besaran aliran permukaan, aliran lateral, dan aliran dasar masing-masing sebesar 225,65 mm, 373,81 mm, dan 110,22 mm. Kondisi tersebut sebagai dampak dari vegetasi pada kawasan hutan mampu menahan air hujan sehingga tidak langsung menjadi aliran permukaan. Penerapan agroteknologi merupakan salah satu upaya untuk menahan air hujan lebih lama di permukaan sehingga memberikan kesempatan air masuk ke dalam tanah melalui proses infiltrasi.

Skenario 3 merupakan skenario alternatif yang lebih berpeluang dapat diterapkan di lapang. Ditetapkannya skenario 3 sebagai skenario alternatif karena penerapan agroteknologi pada lahan pertanian tanpa harus mengembalikan lahan sesuai fungsi kawasan hutan. Mengembalikan lahan DAS Betung sesuai dengan fungsi kawasan hutan dapat menimbulkan permasalahan kepemilikan lahan. Disisi lain, karakteristik hidrologi skenario 3 mampu menurunkan jumlah total air sungai menjadi 734,17 mm dengan nilai C sebesar 0,16 (baik). Peningkatan kapasitas infiltrasi ditunjukkan oleh aliran permukaan, aliran lateral, dan aliran dasar masing-masing sebesar 266,35 mm, 367,10 mm, dan 100,71 mm lebih baik dibandingkan skenario 1.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi DAS Way Betung dapat diketahui dari hasil penelitian ini dengan menggunakan Model SWAT. Pengaruh ini ditunjukkan perubahan tahun 2001, 2006 dan 2010 dari hasil total air sungai (Water YLD) masing-masing adalah 874,66 mm, 1.047,70 mm, dan 774,04 mm, Nilai koefisien aliran permukaan (C) masing-masing sebesar 0,16, 0,31, dan 0,23, sedangkan nilai koefisien regim sungai (KRS) sebesar 30,65, 66,25, dan 53,57.

Rekomendasi penggunaan lahan terbaik di DAS Way Betung adalah penerapan agroteknologi pada lahan pertanian sesuai dengan fungsi kawasan hutan (skenario 4) yang menghasilkan nilai KRS dan nilai C masing-masing sebesar 34,66 (baik) dan 0,14 (baik). Namun untuk mengembalikan fungsi

kawasan hutan seperti semula, kemungkinan akan menimbulkan konflik terutama berkaitan dengan kepemilikan lahan yang sudah lama berubah. Berdasarkan hal tersebut perlu adanya skenario alternatif dalam pengelolaan DAS Way Betung. Penerapan agroteknologi sesuai penggunaan lahan tahun 2010 (*eksisting*) (skenario 3) dapat ditetapkan sebagai skenario alternatif yang menghasilkan nilai KRS dan nilai C masing-masing sebesar 39,94 (baik) dan 0,16 (baik). Kedua skenario tersebut memiliki karakteristik hidrologi lebih baik dibandingkan skenario 1.

B. Saran

DAS Way Betung merupakan daerah resapan air sehingga sangat berperan dalam memenuhi kebutuhan air masyarakat Kota Bandar Lampung. Pemerintah Kota Bandar Lampung harus memberikan perhatian lebih dalam bentuk *cost sharing* dan pengawasan aktivitas penduduk DAS Way Betung. *Cost sharing* dilakukan dengan memberikan pembiayaan dari para pengguna air di Kota bandar Lampung dalam upaya menjaga kondisi DAS Betung.

Lahan pertanian DAS Way Betung seluas 2.556.97 ha (49,94%) berada pada kelas lereng > 15%, sehingga diperlukan agroteknologi yang sesuai dengan kaidah konservasi tanah dan air yang diharapkan dapat berdampak positif terhadap karakteristik hidrologi DAS Way Betung.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kementerian Kehutanan melalui BP2SDM dan Ditjen BPDASPS yang telah memberikan dukungan biaya dalam penelitian ini. Balai Pengelolaan DAS Way Seputih Way Sekampung, UPT Dinas Kehutanan Provinsi Lampung Taman Hutan Raya (TAHURA) Wan Abdurrahman, Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Mesuji Sekampung, dan Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Masgar Provinsi Lampung yang telah memberikan dukungan data dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Anwar, M. H. Pawitan, K. Murtillaksono, dan I.N.S. Jaya. (2012). Respons Hidrologi Akibat Deforestasi di DAS Barito Hulu, Kalimantan Tengah. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, 17(3), 119-126.

- Arnold, J.G., J.R. Kiniry, R. Srinivasan, J.R. Williams, E.B. Haney, and S.L. Neitsch. (2011). *Soil and Water Assessment Tool: Input/Output File Documentation Version 2009*. Texas: Agricultural Research Service and Texas AgriLife Research.
- Arsyad, S. (2010). *Konservasi Tanah dan Air*. Edisi 2 cetakan 2. Bogor: IPB Press.
- Asdak, C. (2010). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: UGM Press.
- Indarto. (2010). *Hidrologi Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*. Edisi 1 cetakan 2. Jakarta: Bumi Aksara.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. (2013). *Kota Bandar Lampung Dalam Angka 2013*. Bandar Lampung: BPS Kota Bandar Lampung.
- [Dephut] Departemen Kehutanan. (2009). Peraturan Dirjen RLPS No.P.04/V-SET/2009 tentang Pedoman Monitoring dan Evaluasi Daerah Aliran Sungai. Jakarta: Dirjen RLPS.
- Junaidi, E., dan S.D. Tarigan. (2012). Penggunaan Model Hidrologi SWAT (Soil and Water Assesment Tool) dalam Pengelolaan DAS Cisadane. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 9 (3), 221-237.
- Junaidi, E. (2009). *Kajian Berbagai Alternatif Perencanaan Pengelolaan DAS Cisadane Menggunakan Model SWAT* [Tesis]. Bogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Mulyana, N. (2012). *Analisis Luas Tutupan Hutan Terhadap Ketersediaan Green Water dan Blue Water Di Sub DAS Gumsa dan Sub DAS Cisadane Hulu dengan aplikasi Model SWAT* [Disertasi]. Bogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Nash, J.E., and J.V. Sutcliffe. (1970). River Flow Forecasting Through Conceptual Models Part I – Discussion of Principles. *Journal of Hydrologi*, 10 (3): 282-190
- Pawitan, H. (2006). *Perubahan Penggunaan Lahan dan Pengaruhnya terhadap Hidrologi DAS*. Bogor: Laboratorium Hidrometeorologi FMIPA, IPB.
- Rosnila. (2005). *Perubahan Penggunaan Lahan dan Pengaruhnya terhadap Keberadaan Situ (Studi Kasus Kota Depok)* <http://www.geocities.com>, diakses tanggal 9 September 2013.
- Rustiadi E, S. Saefulhakim, dan D.R. Panuju. (2009). *Perencanaan dan Pengembangan Wilayah*. Jakarta: Crestpent Press dan Yayasan Obor Indonesia.
- Santhi, C., R. Srinivasan, J.G. Arnold, and J.R. Williams. (2006). A modelling approach to evaluate the impacts of water quality management plans implemented in a watershed in Texas. *Environmental Modelling & Software*, 21, 1141-1157.
- Yustika, R.D. (2013). *Pengelolaan Lahan Terbaik Hasil simulasi Model SWAT Untuk Mengurangi Aliran Permukaan Di Sub DAS Ciliwung Hulu* [Disertasi]. Bogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Yustika, R.D., S.D. Tarigan, Y. Hidayat, dan U. Sudadi. (2012). *Simulasi Manajemen Lahan di DAS Ciliwung Hulu Menggunakan Model SWAT*. *Informatika Pertanian*, 21 (2), 71-79.
- Yuwono, S.B. (2011). *Pengembangan Sumberdaya Air Berkelanjutan DAS Way Betung Kota Bandar Lampung* [Disertasi] Bogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.